

PCT/EP200 4 / 0 0 6

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

EP04/6509



REC'D 01 SEP 2004

WIPO

PCT

EP04/6509

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

103 34 736.4

Anmeldetag:

29. Juli 2003

Anmelder/Inhaber:

Rexroth Indramat GmbH, 97803 Lohr am Main/DE

Bezeichnung:

Linearmotor mit Fortbewegungsregelung

IPC:

H 02 K, B 60 L

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 5. Juli 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Linearmotor mit Fortbewegungsregelung

- 10 Die Erfindung betrifft einen Linearmotor mit Bewegungsregelung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, insbesondere einen Linearmotor mit mehreren Sekundärteilen (bewegte Komponenten), welcher vorzugsweise in Prozessen der Industrieautomatisierung Verwendung findet.
- 15 Das Patent US 5,965,963 offenbart einen Linearmotor, bestehend aus Sekundärteil und Primärteil (ortsfeste Komponente), wobei das Sekundärteil mit Hilfe von an der Wegstrecke befestigten positionserfassenden Sensoren, z.B. Hall-Sensoren (Fig. 1B, Fig. 3), und einem am Sekundärteil befindlichen Magneten die Ansteuerung der im Weg integrierten Spulen bewirkt. Diese Erfindung hat den Nachteil, dass mit
- 20 zunehmender Anzahl von Sekundärteilen die Mechanik zur Erfassung der Position immer komplexer wird und bei einer Anzahl von 4 bis 6 Sekundärteilen an ihre Grenzen stoßen wird (Fig. 10). Außerdem ist eine existierende Bahnstrecke nicht ohne weiteres erweiterbar, da die Ausführung von Schiene und Sekundärteil von der Anzahl der Sekundärteile abhängig ist. Auch die bereits vorhandene Steuerung ist für den
- 25 konkreten Anwendungsfall konzipiert und eine Änderung der Systemkonfiguration nicht ohne erheblichen technischen und zeitlichen Aufwand möglich. Das Konzept der verwendeten Positionserfassung hat außerdem den Nachteil, dass bei Ausfall nur eines Sensors das generierte Signal verfälscht wird und eine Kollision oder ein Ausfall dadurch früher oder später vorprogrammiert ist. Hinzu kommt ein erheblicher
- 30 Verdrahtungsaufwand, um alle Sensorsignale auswerten zu können. Dies erhöht im praktischen Einsatz, insbesondere unter widrigen Umständen, die Fehleranfälligkeit drastisch.

Die Patentschrift US 5,023,495 zeigt einen DC-Linearmotor, der theoretisch eine

35 endlose Anzahl von unabhängig ansteuerbaren Sekundärteilen aufweist. Die Positionserfassung erfolgt hierbei beispielsweise über am Sekundärteil befestigte

5 Permanentmagnete, deren magnetisches Feld von am Primärteil angebrachten Sensoren (Fig. 7, Bezugsnummern 8,46) detektiert wird. Die Ansteuerung der Sekundärteile ist hier nicht weiter beschrieben, die Lehre umfasst im Wesentlichen den mechanischen Aufbau von Primär- und Sekundärteil sowie deren Zusammenwirken. Nachteil hierbei ist, dass eine externe Steuerung die gesamte Prozesskoordination übernehmen müsste
10 und nur gerade Bewegungsbahnen realisiert werden können.

Die Offenlegungsschrift US 0,180,279 A1 zeigt ein modulares System, bestehend aus Linearmotoren. Figur 17 bis 21 zeigt die Flexibilität der offenbarten Erfindung anhand der Realisierungsmöglichkeit von Bewegungsbahnen mit theoretisch beliebigem
15 Verlauf. Das Sekundärteil beinhaltet in einer dargestellten möglichen Realisierungsform eine batteriegespeiste Signalverarbeitungsvorrichtung (Fig. 5), die funkferngesteuert die Positionserfassung übernimmt und an eine zentrale Steuereinheit meldet. Der Aufbau von Sekundär- und Primärteil ähnelt jedoch der in Patent US 5,965,963 offenbarten Form und weist dementsprechend die gleichen Nachteile auf. Die Bewegungsregelung
20 wird hier von einem zentralen Motorcontroller übernommen, der mit Modulcontrollern über ein Netzwerk kommuniziert und somit alle Sekundärteile ansteuert und verwaltet. Mit Hilfe der empfangenen Positionsdaten muss das Controllernetzwerk alle zur Bewegungsregelung relevanten Informationen wie Beschleunigung, Geschwindigkeit, Schubkraft, berechnen und die Spulen entsprechend ansteuern. Die Ansteuerung der
25 Sekundärteile wird mit zunehmender Anzahl der Sekundärteile immer komplexer, da für jedes Sekundärteil die Position erfasst und die entsprechenden Spulen auf der durch die Primärteile gebildeten Wegstrecke so geschaltet werden müssen, dass alle Sekundärteile sich völlig unabhängig voneinander bewegen und Kollisionen verhindert werden. Es sollten außerdem zur Vermeidung von Verlusten nur die Spulen angesteuert
30 werden, die sich direkt unter dem Sekundärteil befinden.

Zu erwähnen seien in diesem Zusammenhang auch noch die Patente US 6,502,517 und EP 580107B1, welche sich beide mit magnetischen Schwebesystemen befassen. Die Schrift US 6,502,517 erläutert den prinzipiellen Aufbau eines solchen Systems in
35 mechanischer und elektrischer Hinsicht, realisiert mit Hilfe eines Linearmotors, und schlägt eine Lösung zur berührungslosen Übertragung elektrischer Energie für

5 elektrische Komponenten auf dem schwebend gelagerten Sekundärteil vor. Der Inhalt der Schrift EP 580107B1 beschreibt ebenfalls ein Schwebesystem, wobei der Schwerpunkt hier u.a. auf der Regelung des Luftspaltes, abhängig von der Belastung der schwebenden Komponente liegt. Die bewegte Komponente enthält hierzu eine Regeleinheit, die permanent den Luftspalt überwacht und entsprechende
10 Gegenmaßnahmen einleitet, sobald sich der geforderte Sollwert verändert. Kern der Abstandsregelung bilden elektrische Magnete, die am bewegten Teil montiert sind und über deren Stromzufuhr der Bahnabstand einstellbar ist.

15 Es ist Aufgabe der Erfindung, einen Linearmotor der eingangs genannten Art so zu konzipieren, dass er bei geringem apparativen und softwaremäßigen Aufwand eine weitgehende Modularität bzw. Flexibilität, insbesondere hinsichtlich unterschiedlicher Anwendungen oder Maschinenkonfigurationen gewährleistet, speziell bei Verwendung einer Vielzahl von Sekundärteilen. Diese Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1. Um ein modulares System anbieten zu können, welches an verschiedenste
20 Aufgabenstellungen schnell und unkompliziert anpassbar ist, wird es erforderlich, dass die Anzahl der Sekundärteile nicht beschränkt ist und der Anwender somit unterschiedlichste Transportsysteme mit frei definiertem Streckenverlauf aufbauen kann. Ein Teil der erforderlichen Bewegungsregelung ist dabei apparativ so auf dem Sekundärteil vorgesehen, dass das Sekundärteil einen Teil der rechenintensiven
25 Bewegungsregelung selbst übernimmt. Dadurch wird eine etwa vorhandene Steuerung weitestgehend entlastet. Das Sekundärteil wird dadurch zu einer praktisch selbständig agierenden, intelligenten Einheit, die aus einer Vorgabe von Sollwerten, wie beispielsweise Streckenvorgaben und der selbständigen Ermittlung von Istwerten, wie beispielsweise absoluten Positionsdaten, alle zur Fortbewegung erforderlichen Aktionen
30 selbständig einleiten kann. Dadurch wird auf einfache Weise eine lokale Ansteuerung der benötigten Spulen erreicht, wobei der Sollwert dann lediglich für diejenigen Spulenansteuerungen verwendet wird, die zum Antrieb des Sekundärteils in der gewünschten Richtung oder in der gewünschten Geschwindigkeit etc. erforderlich sind. Eine solche Bewegungsregelung ist praktisch eine dezentralisierte Form oder zumindest
35 eine teilweise dezentralisierte Form der Regelung, wobei die erforderliche Bewegungsregelschleife erfindungsgemäß aufgetrennt ist.

5 Dazu weist das Sekundärteil eine Energieversorgung auf. Diese Energieversorgung des
Sekundärteils speist eine apparativ auf dem Sekundärteil angeordnete
Signalverarbeitungsvorrichtung mit Bewegungs- bzw. Fortbewegungsregler. Die
Bewegungs- bzw. Fortbewegungsreglung ist somit Teil der gesamten
Bewegungsregelung des Linearmotors, z. B. kann ein Positionssollwert oder
10 Geschwindigkeitssollwert oder dergleichen (siehe weiter unten) auch von einer
zentralen oder dezentralen, beispielsweise ortsfesten Steuerung erzeugt und an das
Sekundärteil übertragen werden. Hieraus könnte das Sekundärteil einen Stromsollwert
erzeugen, der zur Ansteuerung am Primärteil angebrachter Spulen dient bzw. als
Eingangssignal der Spulenansteuerung verwendet wird.

15 Dieser (Strom-) Sollwert wird in der Signalverarbeitungsvorrichtung erzeugt und ist für
die Spulenansteuerung – d. h. für die physikalische Umsetzung der gewünschten
Bewegung – relevant. In diesem Zusammenhang bedeutet relevant, dass die
physikalische Bewegung aufgrund der Ansteuerung der Spulen und dem daraus
20 resultierenden Feld nach Maßgabe des in der Signalverarbeitungsvorrichtung erzeugten
Sollwertes erfolgt.

Dabei ist es wesentlich, dass der Sollwert an eine ortsfeste Spulenansteuerung
übertragen wird. Dies erfolgt über eine erfindungsgemäß vorgesehene
25 Sollwertschnittstelle.

Die Sollwertschnittstelle dient der Übertragung des Sollwertes vom in der Regel
bewegten Sekundärteil auf die ortsfeste Spulenansteuerung. Der Sollwert wird dann für
die Kommutierung der Spulen gemäß der allgemein üblichen Ansteuerung eines
30 Linearmotors verwendet. Dabei ist der Verkabelungsaufwand z. B. für die
Sollwertübertragung oder die Spulenansteuerung gemäß der Erfindung relativ einfach
ausgestaltet; im Gegensatz zu einer zentralen bzw. teilzentralen Steuerung mit ebenfalls
zentraler bzw. teilzentraler Erzeugung des Sollwertes richtet sich der
Verkabelungsaufwand gemäß der Erfindung nicht nach der Anzahl der vorhandenen
35 Spulen und kann somit auch bei sehr langen Strecken oder bei einer Vielzahl von
Sekundärteilen äußerst sparsam und effizient ausgeführt werden. Im Extremfall könnte

5 eine Sollwertübertragung von einer zentralen oder dezentralen Steuerungsarchitektur an die Spulen des Primärteils auch vollständig entfallen.

Es wird durch die Erfindung erstmals ermöglicht, beliebige Strecken mit äußerst geringem apparativen und minimalem Verkabelungsaufwand aufzubauen.

10

In diesem Sinne ist die im Primärteil bzw. für jede einzelne Spule vorzusehende, erforderliche Logik bzw. „Intelligenz“ praktisch nicht vorhanden bzw. auf ein Mindestmaß reduziert. Dies gilt auch für die Antriebe der entsprechenden Spulen. Auf die nähere Ausgestaltung der Leistungsteile der Spulen wird später noch näher eingegangen.

15

20

Es sind durch die Erfindung Anwendungen vorstellbar, die komplett ohne externe Steuersignale auskommen, indem das Sekundärteil mit einem Prozessor und einem Speicher ausgestattet wird, wobei der Speicher den kompletten Bewegungsablauf in Form von Programmcode und/oder Positionsdaten enthält. Zum Abfahren der vorgegebenen Positionsvorgaben wäre eine Positionserkennung erforderlich. Diese ist in Form einer aktiven Vorrichtung denkbar, die über die Energieversorgungsschnittstelle gespeist und innerhalb der Signalverarbeitungsvorrichtung oder separat davon am Sekundärteil angeordnet ist.

25

Diese Vorrichtung erfasst die Position des bewegten Sekundärteiles relativ zur vom Primärteil gebildeten Strecke und arbeitet völlig autark. Zur Erfassung der Position würde ein auf dem Primärteil angebrachtes Raster entlang der Wegstrecke genügen, welches über einen am Sekundärteil montierten Transceiver abgetastet und z.B. über einen einfachen Zähler ausgewertet wird. Die so erfasste Position, welche sowohl

30 relativer als auch absoluter Natur sein könnte, wird mit den abgespeicherten Positionsdaten verglichen, was eine präzise Fortbewegungsregelung ermöglicht. Die Erfassung der absoluten Sekundärteilposition ist beispielsweise realisierbar, indem jeder modulare Streckenabschnitt mit einer unikal, also auf der Gesamtstrecke nur einmal vorhandenen Markierung, versehen wird. Denkbar wäre eine binär codierte

35 Streckenabschnittsmarkierung. Diese wird von der Abtastvorrichtung detektiert und ausgewertet. Aus der Kombination der Streckenabschnittsmarkierung und der erfassten

5 relativen Position innerhalb eines Streckenabschnitts ließe sich die absolute Position auf der Gesamtstrecke errechnen. Damit würde im Falle eines Systemausfalles oder einer Sekundärteilentgleisung auch die Neuinitialisierung stark vereinfacht, weil dies das in einem solchen Falle übliche „Homing“ (Abfahren der Strecke zur Neupositionierung) stark vereinfacht. Das Sekundärteil könnte damit ohne externe Positionsvorgaben eine
10 beliebige Bewegungsbahn abfahren, die durch Änderung des Programmcodes und/oder der Positionsvorgaben programmierbar und damit abänderbar ist. Diese Adaption der Fortbewegungsvorgaben wäre durch aufsteckbare Speichermedien oder im Falle der Verwendung einer geeigneten Datenschnittstelle sogar während des Betriebes machbar. Es eröffnet sich somit ein nahezu grenzenloses Anwendungsspektrum.

15 Um die Flexibilität noch weiter zu steigern wird vorgeschlagen, dass das Sekundärteil Bewegungszustands-Informationen, vorzugsweise entsprechend der Geschwindigkeit und/oder Beschleunigung und/oder der relativen bzw. absoluten Position und/oder der Schubkraft, über wenigstens eine Geberschnittstelle von einem im Bereich des
20 Primärteils angebrachten Bewegungszustands-Geber erhält. Mit den Bewegungszustand-Informationen bezüglich des Sekundärteils weist der Bewegungsregler auf dem Sekundärteil ein hohes Maß an „Intelligenz“ auf. Das Sekundärteil hat dann praktisch jederzeit die Information über seinen Bewegungszustand, so dass auf dem Sekundärteil eine Bewegungserfassung, z. B. für
25 eine Kollisionsüberwachung erfolgen kann. Darüber hinaus kann eine solche Bewegungszustands-Information auch für eine vorprogrammierte Positionsregelung verwendet werden. Wenn das Sekundärteil diese Bewegungssollwerte erhält, ist damit eine sehr schnelle Bewegungsregelung auf dem Sekundärteil selbst, die alle möglichen Parameter – wie bei einer üblichen Steuerung – in Betracht zieht, gewährleistet.

30 Durch die Erfindung wird praktisch die gesamte Variabilität und Ansatzbandbreite einer üblichen zentralen oder teilzentralen Steuerungsarchitektur auf einfachste Weise realisiert, wenn das Sekundärteil Bewegungssollwerte, vorzugsweise entsprechend der Geschwindigkeit und/oder Beschleunigung und/oder der relativen bzw. absoluten
35 Position und/oder der Schubkraft, über wenigstens eine im Bereich des Primärteils angebrachte Steuerschnittstelle von wenigstens einer Steuervorrichtung erhält.

5 Die Steuervorrichtung hat dann (vorzugsweise lediglich) die Aufgabe – beispielsweise nach Maßgabe eines industriellen Prozesses, siehe weiter unten – die Bewegung eines Sekundärteils oder mehrerer Sekundärteile zu steuern bzw. zu synchronisieren, wie dies der zugrunde liegende, erforderliche Prozess, z. B. ein Produktionsprozess, erfordert. Die Steuervorrichtung und die Kommunikation der Steuervorrichtung mit dem/den
10 Sekundärteil(en) wird dadurch wesentlich vereinfacht, da die Steuervorrichtung von den oben genannten Bewegungsregelungs-Prozessen entlastet ist. Es können somit komplexe und vorbestimmte Bahnen und Bewegungsvorgaben realisiert und insbesondere auch eine Vielzahl von Sekundärteilen synchron gemäß der Vorgaben auch komplexer Prozesse gesteuert werden.

15 Wenn wenigstens eine Steuervorrichtung dezentral organisiert ist und Steuermodule aufweist, die im Bereich der Primärteile angeordnet sind, werden die Vorteile der Erfindung mit einer dezentralen Architektur von Steuerungen kombiniert. Dies resultiert in einer verringerten Komplexität des Gesamtsystems, so dass andererseits auch
20 komplexere Anwendungsfälle als mit dem Stand der Technik realisiert werden können durch verteilte Rechenleistungen und insbesondere verteilter „Intelligenz“ der Steuerung(en).

Die Möglichkeiten, auch verschiedene Prozesse zu realisieren bzw. im Vorfeld zu programmieren, werden dadurch vermehrt, dass die Steuervorrichtung spezifische
25 Merkmale wenigstens eines Sekundärteiles, vorzugsweise Identifizierungsmerkmale, für dessen Ansteuerung verwaltet und über eine Steuerschnittstelle sendet und empfängt. Beispielsweise können Einrichtungsvorgänge oder Inbetriebnahmevorgänge bei Vorhandensein solcher spezifischen Merkmale wesentlich einfacher gestaltet
30 werden. Bei der Inbetriebnahme oder auch beim Wiederanfahren eines Prozesses können für die Steuerung relevante, spezifische Merkmale eines Sekundärteiles, mehrerer Sekundärteile oder aller auf einem Streckenabschnitt befindlicher Sekundärteile abgefragt und für die Initialisierung des Prozesses verwendet werden. Während des Prozesses können solche spezifischen Merkmale von der
35 Steuervorrichtung für die Verwaltung bzw. die Bearbeitung des jeweiligen Prozesses verwendet werden. Dazu werden die spezifischen Merkmale über eine

5 Steuerschnittstelle vom Sekundärteil an die Steuervorrichtung übertragen.
Vorzugsweise ist die Steuerschnittstelle daher (gemäß Anspruch 3 in Verbindung mit
Anspruch 5) bidirektional ausgestaltet. Die spezifischen Merkmale können
(insbesondere für die Inbetriebnahme oder für das Wiederanfahren) technische
10 Merkmale des Sekundärteils sein, die für die Steuerung relevant sind; es können aber
alternativ oder zusätzlich auch für jedes Sekundärteil im Vorfeld festgelegte Merkmale
sein.

Gemäß Anspruch 6 werden die spezifischen Merkmale des Sekundärteils, vorzugsweise
die Identifizierungsmerkmale, auch in der Signalverarbeitungsvorrichtung des
15 Sekundärteils selbst verwendet. Dies würde beispielsweise zur Identifizierung von
technische Daten des Sekundärteils, z. B. für die Bewegungsregelung relevante
Parameter, während der Ansteuerung nützlich sein. Dadurch wird das Einsatzspektrum
eines erfindungsgemäßen Linearmotors wesentlich erweitert und zugleich die Regelung
ggf. vereinfacht.

20 Um jenseits der technisch erforderlichen Daten eine eindeutige Ansteuerung und
Identifizierung eines jeden Sekundärteils zu ermöglichen, wird vorgeschlagen, dass
wenigstens ein Identifizierungsmerkmal gemäß Anspruch 7 eine unikale Adresse ist, die
wenigstens ein Sekundärteil adressiert. Dabei bedeutet unikal, dass die jeweilige
25 Adresse für jedes Sekundärteil lediglich einmal vergeben und somit eindeutig ist.

Um die Störungsanfälligkeit der Erfindung zu verringern und den Wartungsaufwand zu
begrenzen, wird vorgeschlagen, dass die Steuerschnittstelle bzw. die Geberschnittstelle
bzw. die Sollwertschnittstelle berührungslos ausgeführt ist. Dabei entfallen
30 entsprechende Verkabelungen, so dass auch die mit einer Verkabelung üblicherweise
verbundenen, mechanischen Einschränkungen der Bewegung vermieden bzw. verringert
sind. Es wird die Störanfälligkeit des Systems – z. B. durch Kabelbruch, der durch
mechanische Belastung begünstigt sein kann – verringert. Der Aufbau ist insgesamt
durch einen geringen Verkabelungsaufwand einfacher und auch kostengünstiger, wobei
35 auch für Verkabelung und beispielsweise Stecker erforderliche Wartungsarbeiten
entfallen bzw. verringert werden.

5 Dabei sind verschiedene Ausgestaltungen von berührungslosen Schnittstellen möglich; die Wahl der Schnittstellentechnologie bzw. -physik wird dabei bestimmt durch die zu realisierende Datenübertragungsrate und die Art der zu übertragenden Daten sowie die Anforderungen an die jeweilige Schnittstelle.

10 Um eine Schnittstelle mit vergleichsweise hoher Datenübertragungsrate auszubilden, wird empfohlen, dass wenigstens eine der Schnittstellen als Infrarotschnittstelle ausgebildet ist und wahlweise die Sensorik durch eine lichtdurchlässige Abdichtung vom Umfeld fluidundurchlässig abgeschirmt ist. Durch eine solche Infrarotschnittstelle können aufgrund der hohen Frequenz des Infrarotlichtes hohe Datenraten aufmoduliert werden. Dabei kann die Schnittstelle sowohl uni- als auch bidirektional ausgeführt sein. Es wäre beispielsweise denkbar, dass der gesamte durch ein entsprechendes Sekundärteil befahrene Primärteilkbereich durch eine oder mehrere Infrarotquellen bestrahlt ist. Dazu muss jedes Sekundärteil, welches über die Infrarotschnittstelle kommuniziert, mit zumindest einem Infrarotempfänger ausgerüstet sein, der die Infrarotsignale umsetzt und für die Bewegungsregelung des Sekundärteils zugänglich macht. Es wäre auch denkbar, eine solche Infrarotschnittstelle zwischen dem Primärteil und dem Sekundärteil nach Art einer Schiene auszugestalten, wobei Infrarotsender und Infrarotempfänger nach Art der Geometrie in Längsrichtung parallel der Streckenführung verteilt angeordnet sind, so dass eine auch bei Bewegung des Sekundärteils relativ zum Primärteil nach den Erfordernissen der Bewegung des Sekundärteils lückenlose und weitgehend unterbrechungsfreie Übertragung gewährleistet ist. Dazu sind die entsprechenden Sender bzw. Empfänger in der Schiene vorzugsweise integriert und so gekapselt angeordnet, dass Lichteinfall und auch Verschmutzung der Infrarotsensoren bzw. Sender weitgehend vermieden ist. Eine praktische Lösung wäre, die Steuerschnittstelle als Feldbus auszugestalten, welcher die Übertragung der Positionssignale etc. praktisch in Echtzeit an das Sekundärteil bzw. jedes der Sekundärteile gewährleistet.

Um eine berührungslose Schnittstelle möglichst wenig störungsanfällig und mit hoher Funktionssicherheit auszubilden, wird vorgeschlagen, dass wenigstens eine Schnittstelle als induktive Schnittstelle ausgebildet ist. Eine solche induktive Schnittstelle ist

5 weitgehend indifferent gegen Verschmutzung, Lichteinfall oder sonstiger äußerer Einflüsse. Zudem kann eine induktive Schnittstelle komplett von der Umgebung abgekapselt ausgeführt werden, beispielsweise durch eine dichte Abdeckung. Eine solche Schnittstelle wäre außerdem komplett wasser- bzw. fluiddicht ausführbar, indem sie mit einem entsprechenden Material, z. B. Epoxydharz, vergossen wird. Dies ist
10 besonders bei Verpackungsmaschinen oder bei Anwendungen in der Industrie, die mit starker Verschmutzung verbunden sind, relevant.

Gleiches gilt auch für den Fall, dass wenigstens eine Schnittstelle als Funkschnittstelle ausgebildet ist. Eine solche Funkschnittstelle hat darüber hinaus den Vorteil, dass auch
15 höhere Übertragungsraten – wie beispielsweise für einen Feldbus erforderlich – realisierbar sind. Zudem kann zwischen Sender und Empfänger dort eine praktisch beliebige Distanz vorhanden sein, so dass die Flexibilität beim Einsatz wesentlich erhöht ist.

20 Um die Schnittstellen kostengünstiger und mit geringem Aufwand fertigen zu können und um die vorhandenen Schnittstellen möglichst effizient und vollständig ausnutzen zu können, wird vorgeschlagen, dass wenigstens zwei Schnittstellen, vorzugsweise die Steuerschnittstelle und/oder die Geberschnittstelle und/oder die Sollwertschnittstelle, zu wenigstens einer einheitlichen Schnittstelle zusammengefasst sind.

25 Zur Anpassung des zu übertragenden Sollwertes an die verfügbare Datenrate bei der Übertragung der Sollwertinformation, wird vorgeschlagen, dass der von der Signalverarbeitungsvorrichtung erzeugte Sollwert einer einzigen Sollwertkategorie angehört. Dies bedeutet, dass im Betrieb von der Signalverarbeitungsvorrichtung
30 jeweils ein Sollwert einer bestimmten, vorgegebenen Art erzeugt wird.

Der von der Signalverarbeitungsvorrichtung erzeugte Sollwert kann ein Lagesollwert sein. Dann wäre am Primärteil eine entsprechende Signalverarbeitung vorzusehen, die aus dem Lagesollwert einen Sollwert für die Spulenansteuerung bildet. Damit wird die
35 erforderliche Datenrate bei der Informationsübertragung verringert, da ein solcher Lagesollwert gegenüber beispielsweise einem Stromsollwert eine geringere

5 Datenübertragungsrate erfordert. Das Gleiche gilt prinzipiell auch, wenn der von der Signalverarbeitungsvorrichtung erzeugte Sollwert ein Geschwindigkeitssollwert ist. Bevorzugt ist der Linearmotor derart ausgestaltet, dass der von der Signalverarbeitungsvorrichtung erzeugte Sollwert ein Stromsollwert bzw. Beschleunigungssollwert ist. Dann ist ein vergleichsweise hoher Anteil der
 10 erforderlichen Logikschaltung auf dem Sekundärteil angeordnet, so dass die Anforderungen an die Schaltungskomplexität am Primärteil sehr gering ist. Das hat den Vorteil, dass – insbesondere bei langer Strecke – der resultierende Gesamtaufwand an Logikschaltungen drastisch reduziert wird. Desgleichen kann von der Signalverarbeitungsvorrichtung auch ein Spannungssollwert erzeugt werden, woraus
 15 höhere Anforderungen an die Bandbreite der Sollwertschnittstelle resultieren würden.

Wenn eine ausreichende Übertragungskapazität bzw. –bandbreite vorhanden ist, kann die mögliche Einsatzbandbreite dadurch erhöht werden, dass der von der Signalverarbeitungsvorrichtung erzeugte Sollwert eine Kombination von
 20 Sollwertkategorien nach Anspruch 14 repräsentiert.

Das Sekundärteil benötigt für den Bewegungsregler eine Energieversorgung. Bevorzugt ist dabei, dass die Energieversorgung der Signalverarbeitungsvorrichtung des Sekundärteiles durch eine einzige Energiequellenart gewährleistet ist, da dadurch die
 25 mitgeführte Energieversorgung vereinfacht ist.

Dies gilt insbesondere dann, wenn die Energieversorgung der Signalverarbeitungsvorrichtung des Sekundärteiles eine am Sekundärteil angebrachte Energiequelle, vorzugsweise ein aufladbarer Akkumulator bzw. eine nicht aufladbare
 30 Batterie bzw. eine Solarzellenanordnung, ist. Eine solche Energiequelle reicht bereits für eine erfindungsgemäße Signalbearbeitungsvorrichtung aus, da der hierfür benötigte Energieaufwand vergleichsweise gering ist.

Um eine dauerhafte, störungsfreie Energieversorgung des Sekundärteiles zu gewährleisten, wird vorgeschlagen, dass die Energieversorgung der Signalverarbeitungsvorrichtung des Sekundärteiles eine induktive Energieschnittstelle

- 5 ist, vorzugsweise eine Induktionsspule, die elektrische Energie über wenigstens eine bezüglich des Primärteiles ortsfeste Spule berührungslos aufnimmt.

Für eine kompakte Anordnung und solide sowie dauerhafte Energieversorgung, kann ein am Sekundärteil befestigter und mit dem Primärteil in Kontakt stehender Aufnehmer
10 die Energie der Signalverarbeitung zuleiten, vorzugsweise über einen Schleifkontakt oder einen Rollenkontakt.

Schließlich kann die Energie für die Signalverarbeitungsvorrichtung des Sekundärteils auch durch eine Kabelverbindung dem Sekundärteil zugeleitet sein. Eine solche
15 Kabelverbindung wäre eine preiswerte Alternativlösung. Durch eine Kabelverbindung werden zudem Störeinflüsse weitgehend ausgeschlossen; dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn relativ geringe Spannungen/Ströme übertragen werden, so dass auf diese Weise Fehlfunktionen durch Überlagerungen vermieden werden können.

Selbstverständlich sind auch Kombinationen der oben genannten Energiequellen möglich, so wäre z. B. ein Akkumulator als Backup-Energieversorgung denkbar, während die Energieversorgung im Betrieb durch eine induktive, schleifende, rollende oder Kabelverbindung vorgesehen ist. der Akkumulator würde dann durch die „Betriebsenergiequelle“ aufgeladen und könnte im Notfall die Stromversorgung
25 übernehmen.

Gemäß der Erfindung sind vorzugsweise berührungslose Energieübertragungs- und/oder Informationsübertragungsmittel vorgesehen. Um eine kompakte Bauweise und eine möglichst sichere und störungsfreie Übertragung der jeweiligen Signale zu gewährleisten,
30 wird daher vorgeschlagen, dass die miteinander kommunizierenden Mittel des Sekundär- bzw. Primärteiles sich zur berührungslosen Energieübertragung und/oder berührungslosen Informationsübertragung im Betrieb an den einander zugewandten Seiten des Sekundärteiles und Primärteiles gegenüber liegen.

5. Eine exaktere Fortbewegung kann durch Ansteuerung von Einzelspulen realisiert werden und zwar in der Form, dass Einzelspulen am Primärteil entlang der Bewegungsbahn des Sekundärteiles nebeneinander angeordnet sind und die Spulenansteuerung wenigstens eine Einzelspule mit Strom versorgt.
10. Dabei ist bevorzugt, dass das Sekundärteil mittels einer Schiene mit wenigstens zwei Spuren am Primärteil beweglich gelagert ist. Eine Lagerung an zwei Spuren ist mit der Erfindung ohne weiteres möglich, da dann auch noch genügend Freiraum vorhanden ist, um die erforderlichen Schnittstellen zu realisieren. Aufgrund der Flexibilität der Erfindung kann eine solche Lagerung an zwei Spuren auch mechanisch ohne weiteres
15. realisiert werden. Durch die Zwei-Spur-Lagerung wird die mechanisch stabile Führung des Sekundärteiles im Bereich des Primärteils realisiert. Dabei können die Schienen und die dazu gehörigen Führungen sowohl seitlich am Sekundärteil als auch an einer Ober- bzw. Unterseite vorgesehen sein.
20. Eine Rollenlagerung kann derart vorgesehen werden, dass das Sekundärteil wenigstens drei Rollen aufweist wobei zwei Rollen einer gemeinsamen Spur zugeordnet sind und eine dritte Rolle einer weiteren Spur zugeordnet ist. Dadurch wird eine sichere Führung auf den Schienen bzw. Schienenführungen auch bei einer Kurvenfahrt – insbesondere mit unterschiedlichen Radien – gewährleistet.
25. Hierzu wird des Weiteren vorgeschlagen, dass diejenige Rolle federnd am Sekundärteil gelagert ist, die den beiden anderen Rollen gegenüberliegt. Bei einer Kurvenfahrt kann dann die dritte, federnd gelagerte Rolle, der entsprechenden Kurven-Zwangsbedingung dadurch genüge tun, dass sie dementsprechend ausweicht bzw. ihre Position an die
30. erforderliche Zwangsbedingung anpasst. Durch die federnde Lagerung der Rolle wird außerdem eine gleichmäßige Kurvenfahrt gewährleistet.
- Um die Spulenansteuervorrichtung so zu verbessern, dass der apparative Aufwand vergleichsweise gering ist und die Fehlerwahrscheinlichkeit verringert ist wird das in Anspruch 27 verwendete Prinzip verwendet. Dadurch, dass das Steuerelement jeweils
35. als Halbbrücke ausgebildet ist, wird eine Vielzahl an Bauteilen – beispielsweise gegenüber einer H-Brücke – eingespart. Die Einsparung ist dabei im Wesentlichen

5 proportional zu der verwendeten Streckenlänge. Dadurch kann sich – insbesondere bei komplexen Prozessen und großen Maschinen – eine erhebliche Materialersparnis und Vereinfachung der Schaltung ergeben. Gerade bei industriellen Maschinen verursacht ein Ausfall der Produktion erheblichen Schaden. Da insgesamt wesentlich weniger Bauteile zum Einsatz kommen reduziert sich die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalles
10 drastisch. Man könnte beispielsweise die Einsparung an Bauteilen dadurch re-investieren, dass zweifelsohne teurere, dafür aber zuverlässigere und weniger störungsanfällige Bauteile verwendet werden. Dann würden nach heutigen Marktpreisen solche Bauteile (IGBTs) immer noch Einsparungen realisieren und trotzdem ein wesentlich verbesserte Lebensdauer und Zuverlässigkeit realisieren.

15 Die oben genannten Vorteile multiplizieren sich jeweils mit der Anzahl der vorhandenen Spulen. Daher wird vorgeschlagen, dass eine Anzahl n als Halbbrücke ausgebildete Steuerelemente an jeweils eine aus n am Primärteil angebrachten Einzelspulen angeschlossen sind. Indem die Halbbrücken – mit vergleichbarem
20 Aufwand wie bei einer entsprechenden H-Brücke – redundant ausgeführt werden, ergäbe sich eine Reserveansteuerung im Falle eines Ausfalles. Im Hinblick auf die Konsequenzen eines Produktionsausfalles ist der hierfür erforderliche Kostenaufwand durchaus zu rechtfertigen.

25 Neben der eingangs genannten Aufgabe liegt der Erfindung des Weiteren die Aufgabe zugrunde, eine industrielle Maschine insbesondere für Automatisierungsstraßen, die einen industriellen Prozess umfasst, insbesondere für Flachmaterialien, Verpackungen und Werkzeuge, wobei der Prozess eine Linearbewegung beinhaltet, die ein Linearmotor inklusive Bewegungsregelung mit wenigstens einem Sekundärteil und
30 wenigstens einem Primärteil mit felderzeugenden Spulen in konzentrierter oder überlappender Wicklung entlang einer vorbestimmten Wegstrecke ausführt, so auszuführen, dass sie für unterschiedlichste Einsatzgebiete und für eine Vielzahl von verschiedenen Konfigurationen einsatzfähig ist, wobei auch nach Bedarf eine vergleichsweise hohe Beschleunigung und hohe Steifigkeit der Bewegung realisiert
35 werden kann.

- 5 Diese Aufgabe sowie die eingangs genannte Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 29 gelöst.

10 Eine solche Maschine hat alle Vorteile, die eingangs bezüglich des Anspruchs 1 bereits genannt wurden. Für eine industrielle Maschine sind aber gerade hohe Flexibilität und verschiedene Anwendungsgebiete sowie verschiedene Konfigurationen – beispielsweise bei Produktumstellung – äußerst relevant. Diese Flexibilität – wie oben bereits ausgeführt – ist durch die Erfindung gewährleistet. Dadurch wird der Linearmotor bzw. das Prinzip des Linearmotors für eine industrielle Maschine in der eingangs genannten Art erstmals auf einfache Weise und bis zur Serienreife erschlossen.

15 Aufgrund der eingangs bereits beschriebenen Vereinfachung der Regelungsprozesse werden die Vorteile einer industriellen Maschine gemäß der Erfindung besonders effizient ausgeschöpft, wenn die Maschine mehrere Sekundärteile umfasst, die eine prozesssynchrone Bewegung nach vorbestimmten Prozessvorschriften ausführen.

20 Mehrere Sekundärteile bedingen eine erhöhte Komplexität des zugehörigen Regelungsprozesses. Hinzu kommt bei einer industriellen Maschine, dass auch die einzelnen Sekundärteile untereinander prozesssynchron bewegt, d. h. synchronisiert werden müssen. Diese Synchronisierung der Sekundärteile erfolgt nach vorbestimmten Prozessvorschriften nach Maßgabe des zugrunde liegenden industriellen Prozesses, den die Maschine ausführt. Dabei entfaltet die Erfindung insbesondere Vorteile: so können beispielsweise verschiedene Prozesse, die verschiedene Bewegungen und unterschiedliche Anzahlen von erforderlichen Sekundärteilen beinhalten, mit vergleichsweise geringem Aufwand realisiert werden. Auch der Aufwand bei der Inbetriebnahme bzw. der Umrüstung der Produktion, d. h. der Produktionsumstellung

30 sind auf ein Minimum reduziert, da beispielsweise bei einer Umrüstung oder Inbetriebnahme eine eventuell vorhandene Steuerung auf die Verwaltung des industriellen Prozesses beschränkt ist, wobei die – auch komplexeren – Regelungsvorgänge dezentral in den Sekundärteilen abgewickelt werden. Dadurch ist das entsprechende Steuerungsprogramm vereinfacht und somit auch eine

35 Inbetriebnahme bzw. eine Umrüstung der Maschine schneller und funktionssicherer zu gewährleisten. Die Steuerung wird unabhängiger bis völlig unabhängig von der

5 Hardware. Im Extremfall könnte beispielsweise eine Steuerung lediglich durch Vorgabe der ausschließlich für den Prozess relevanten Randbedingungen und Parameter parametrisiert werden. Diese Parameter sind beispielsweise Streckenführungen, Bewegungsparameter des Prozesses, Anzahl der Sekundärteile und Primärteile.

10 Aufgrund der verringerten Gesamtkomplexität durch die verteilte Intelligenz entfaltet die Erfindung ihre Vorteile besonders effizient, wenn die Maschine mindestens 5 Sekundärteile umfasst. Dabei kann eine solche Maschine typischerweise auch wesentlich mehr als 5 Sekundärteile, z. B. 20 bis 100 oder mehrere hundert Sekundärteile umfassen. Dadurch dass die „Regelungsintelligenz“ zum großen Teil im Sekundärteil und Primärteil, also in den Komponenten selbst realisiert ist, sind bei den
15 Prozessorleistungen heutiger Steuerungen praktisch keine Beschränkungen der Anzahl der Sekundärteilen erkennbar.

Dadurch kann die Anzahl der Sekundärteile frei bestimmt werden und ist je nach dem Prozess lediglich durch die Anforderungen des Prozesses, durch die Geometrie der
20 Sekundärteile und die Streckenführung des Primärteils begrenzt.

Eine sehr variabel gestaltbare Streckenführung wird dadurch erreicht, dass die Linearbewegung durch eine Bewegungsbahn vorbestimmt ist, die von mehreren Primärteilen gebildet ist. Dabei können unterschiedliche Primärteile mit jeweils
25 unterschiedlicher vorbestimmter Länge verwendet werden, so dass beispielsweise eine Streckenführung nach Art eines Bausatzes aufgebaut werden kann. Ein solcher Bausatz kann gerade oder kurvenförmig ausgebildete Primärteile umfassen. Diese sind dann je nach beabsichtigter Streckenführung frei wählbar. Insbesondere können gerade Stücke unterschiedlicher Länge und kurvenförmige Stücke unterschiedlicher Gesamtlänge und
30 mit unterschiedlichen Krümmungsradien vorhanden sein. Es sind somit die meisten bis alle der heute in den genannten Industriesektoren vorhandenen industriellen Prozesse abgedeckt. Es könnten insbesondere auch einzelne Elemente mit vorzugsweise unterschiedlicher Steigung bzw. unterschiedlichem Gefälle vorgesehen sein, so dass auch insgesamt eine Bahnführung in einer Maschine auf unterschiedlichen Ebenen
35 realisierbar ist.

5 Bevorzugt ist dabei, dass eine übergeordnete Prozesssteuerung Bewegungsabläufe überwacht und steuert. Eine solche übergeordnete Prozesssteuerung hat die oben genannten Vorteile, wobei bei einer Mehrzahl von vorhandenen Sekundärteilen die Prozesssteuerung außerdem einer Kollision von Sekundärteilen durch einen einprogrammierten Kollisionsschutz vorbeugt.

10

Die Prozesssteuerung kann auch eine Initialisierung aller Sekundärteile bei der Inbetriebnahme oder bei einer Störung oder bei einer Umrüstung der Produktion sowie bei einer Wiederaufnahme der Produktion vornehmen. Dann ist die jederzeitige Reproduzierbarkeit des durchzuführenden Prozesses ohne Weiteres gewährleistet, wobei alle erfindungsgemäßen Vorteile vorhanden sind.

15

Um Übergangsstörungen zwischen zwei Primärteilen zu eliminieren bzw. zu verringern und eine Kontinuität der Produktionserfassung zu gewährleisten, wird vorgeschlagen, dass die Prozesssteuerung den Übergang der Sekundärteile zwischen zwei Primärteilen

20

Gerade bei der Verpackungsindustrie sind sehr viele unterschiedliche Anforderungen an die Bahngeometrie und die Bewegungscharakteristik von Sekundärteilen vorhanden. Daher ist es besonders bevorzugt, dass es sich um eine Maschine zur Verpackung von

25

Waren, insbesondere von Lebensmitteln bzw. Genussmitteln, handelt. Alle denkbaren Arten von Verpackungsmaschinen werden durch diese Erfindung abgedeckt: Volleinschweißmaschinen, Banderoliermaschinen, Straffpacker und Schrumpftunnel, Tray- und Wraparound Packer für die Kartonverpackung etc..

30

Um eine Verschmutzung bzw. eine Funktionsstörung der Maschine zu verhindern, wird vorgeschlagen, dass deren Komponenten wasserdicht oder spritzwassergeschützt ausgeführt sind.

35

Die Erfindung hat praktisch keine Einschränkung hinsichtlich der Bahngeometrie. So kann die gesamte Bahn oder Teile der Bahn horizontal/vertikal übereinander angeordnet sein und eine Bewegung in eine Horizontalebene, zwischen verschiedenen

- 5 Horizontalebene oder in einer Vertikalebene stattfinden. Auch Kombinationen von eigenständig aufgebauten Bahnen können gemeinsam zur Lösung eines Automatisierungsprozesses Verwendung finden.

10 Dadurch wird das Anwendungsspektrum der erfindungsgemäßen Technologie für praktisch alle Bereiche der Industrieautomatisierung, wo eine Linearbewegung gefordert ist, anwendbar. Besonders komplexe Systeme sind bei einer Fertigungslinie, z. B. mit einer oder mehreren Werkzeugmaschinen, gefordert. Daher wird vorgeschlagen, dass es sich um die Teilfunktionalität einer Werkzeugmaschine oder um den Teil einer Automatisierungs- bzw. Transportstraße handelt.

15 Die steuerungstechnische Einfachheit, hohe Steifigkeit und hohe, mögliche Positioniergenauigkeit der Erfindung kommt besonders zum Tragen, wenn es sich um eine Druckmaschine handelt. Es könnte sich beispielsweise eine Bogendruckmaschine handeln, wobei dort die Linearstrecke für den Bogentransport vorgesehen wäre. Dabei ist der linear zu transportierende Bogen zwischen zwei benachbarten Strängen von zwei 20 auf diesen Strängen fahrenden, benachbarten, Sekundärteilen eingespannt.

Figurenbeschreibung:

25 Alle Figuren 1 bis 3 sind schematische oder grob schematische Skizzen und dienen ausschließlich der Veranschaulichung der schriftlichen Erläuterungen. Figur 1 zeigt einen erfindungsgemäß ausgeführten Linearmotor im Querschnitt. Figur 2 veranschaulicht die Kommutierung der Spulen über den Sollwert. Figur 3 zeigt im Detail die Ansteuerung einer einzelnen Spule. Figur 4 repräsentiert die schematische Darstellung einer auf der Erfindung basierenden industriellen Maschine. Figur 5 zeigt 30 eine mögliche Realisierung der Lagerung des Sekundärteiles auf dem Primärteil.

Der in Figur 1 dargestellte Linearmotor besteht aus einem Sekundärteil 7 und einem Primärteil 8. Die Darstellung ist lediglich beispielhaft; der besseren Übersichtlichkeit halber zeigt sie nur ein einziges Sekundärteil 7 im Schnitt. Das Primärteil 8 bildet einen 35 Streckenverlauf, auf dem vorzugsweise mehrere Sekundärteile 8 gleichzeitig fahren.

5 Der Steueranschluss 13 gewährleistet die Verbindung zu einer zentral oder dezentral angeordneten Steuerung, welche die Koordination des Bewegungsablaufes oder einen gesamten industriellen Prozess umsetzt. Über die Steuerschnittstelle 5 am Primärteil, die im konkreten Beispiel als induktive, bidirektionale Schnittstelle ausgeführt sein könnte, werden Steuerinformationen berührungslos an die korrespondierende und
10 gegenüberliegende Steuerschnittstelle 5 des Sekundärteiles übertragen. Die Steuerschnittstelle 5 des Sekundärteiles ist mit einer Signalverarbeitungsvorrichtung 6 verbunden, welche die von der Steuerung erhaltenen Daten auswertet und ggf. wieder die Steuerung mit aktualisierten Bewegungsdaten versorgt. Ein Bewegungszustandsgeber 12 liefert über eine weitere berührungslose Schnittstelle
15 Positionsinformationen an die Signalverarbeitungsvorrichtung 6. Diese Daten nutzt die Signalverarbeitungsvorrichtung 6, um die aktuelle Position des zugeordneten Sekundärteiles relativ zum Primärteil zu erfassen. Die am Sekundärteil angeordnete Energiequelle 11 versorgt die Signalverarbeitungsvorrichtung 6 am Sekundärteil 7 ebenfalls berührungslos mit elektrischem Strom, welcher zum Betrieb der
20 Signalverarbeitungsvorrichtung 6 erforderlich ist. Denkbar wäre auch die Übertragung von Prozessenergie für ein am Sekundärteil befestigtes elektrisches Werkzeug, welches sonst über beispielsweise eine Kabelverbindung versorgt werden müsste. Bei solch einem Werkzeug könnte es sich um Schweißzangen einer Maschine zur Verpackung von Lebensmitteln handeln. Die Schweißzangen haben dabei die Aufgabe die Folie, in
25 der die Lebensmittel verpackt werden, Luftdicht zu verschließen, indem sie die Folienenden miteinander verschweißen. Die felderzeugende Vorrichtung 10 könnte beispielsweise aus am Primärteil angebrachten Wicklungen bestehen, die entlang der Bewegungsbahn des Sekundärteiles ein Wandelfeld erzeugen. Am Sekundärteil sind passive Magnete angebracht, deren Magnetfeld sich in Wechselwirkung mit dem
30 Wanderfeld befindet. Das Zusammenwirken zwischen Wanderfeld und stationärem Magnetfeld führt somit zur Bewegung des Sekundärteiles relativ zum Primärteil. Die Ansteuerung einer felderzeugenden Spule übernimmt die Spulensteuerung 9, welche über die Sollwertschnittstelle 1 Vorgaben bzgl. der erforderlichen Feldstärke erhält. Die Sollwertschnittstelle 1 wäre zum Beispiel als Infrarotschnittstelle realisierbar, welche
35 üblicherweise eine Übertragungsbandbreite um 16 Mbit/s handhaben würde. Denkbar wäre zum Beispiel der Einsatz eines Infrarot - Transceivers, wie er in

5 Personalcomputern oder PDAs zur Datenübertragung verwendet wird. Der Sollwert könnte ein Stromsollwert sein, welcher direkt proportional zur Intensität des magnetischen Feldes und damit zur Beschleunigung des Sekundärteiles ist. Der Stromsollwert wird über eine vierte berührungslose Schnittstelle, der Sollwertschnittstelle 1 direkt von der Signalverarbeitungsvorrichtung 6 des
 10 Sekundärteiles 7 geliefert. Die Signalverarbeitungsvorrichtung 6 leitet diesen Sollwert direkt aus den Daten ab, die sie von der Geberschnittstelle 4 und der Steuerschnittstelle 5 erhält. Bei den Daten aus der Steuerschnittstelle 5 könnte es sich um einen Lagesollwert handeln, aus dem die Signalverarbeitungsvorrichtung 6 die erforderliche Beschleunigung und Geschwindigkeit, abhängig von dem zurückzulegenden Weg, berechnet und dann per Stromsollwert die nötige Wanderfeldstärke anfordert.

Figur 2 zeigt den Ausschnitt einer aus Primärteilen gebildeten Strecke 21 mittels dreiphasig angesteuerter Spulen in der Draufsicht. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist erneut nur ein Sekundärteil 7 und nur ein Streckenabschnitt 22 abgebildet. Dieses
 20 Sekundärteil 7 kann sich oberhalb der Strecke 21 entlang der eingezeichneten Pfeile in Vorwärts- und/oder Rückwärtsrichtung bewegen. Eine steife Lagerung des Sekundärteiles könnte beispielsweise durch Rollen und Schienen erfolgen, aber auch ein magnetisches Schwebesystem wäre denkbar. Die Übertragung des Sollwertes von der Signalverarbeitungsvorrichtung 6 des Sekundärteiles 7 über die Sollwertschnittstelle 1 des Sekundär- und Primärteiles erfolgt hier für jede der drei Phasen über eine separate
 25 Schnittstelle, daher sind drei Sollwertschnittstellen 1 am Sekundärteil 7 nebeneinanderliegend, jedoch in Bewegungsrichtung zueinander versetzt eingezeichnet. Jede der drei segmentartig aufgebauten Sollwertschnittstellen 1 des Primärteiles 8 steuert über die korrespondierende Sollwertschnittstelle 1 des Primärteiles 8 eine
 30 Gruppe von Wicklungen 10 parallel an, wodurch eine gleichphasige Versorgung mit Strom gewährleistet ist. Dabei ist wichtig zu wissen, dass nur diejenigen Spulen mit Strom versorgt werden, die auch tatsächlich zum Antrieb des Sekundärteiles 7 erforderlich sind. Also diejenigen Wicklungen, die sich gerade unter oder unmittelbar vor dem Sekundärteil 7 befinden. Dieses Prinzip der Spulenansteuerung in
 35 Abhängigkeit von der Sekundärteilposition begrenzt unter anderem effektiv die Verlustleistung des Transportsystems.

5 Es wird bei einem 3-Phasensystem – wie in Fig. 2 gezeichnet- jede dritte Spule über eine eigene Spulenansteuerung 9 mit Strom identischer Phasenlage versorgt. Die Spulenansteuerung 9 (Fig. 1; Fig. 3) ist hier lediglich durch ein Transistorsymbol angedeutet. Bei der Bewegung des Sekundärteiles entlang der Strecke 21 wandern die an der Unterseite des Sekundärteiles angeordneten Sollwertschnittstellen 1 entlang der Wegstrecke und passieren dabei ihre korrespondierenden Schnittstellen am Primärteil. Dies führt zur bereits erwähnten Kommutierung des Spulenstromes entsprechend des Bewegungsverlaufes. Verlässt die Sekundärteilschnittstelle 1 des Sekundärteil 7 den Erfassungsbereich der Schnittstelle am Primärteil 8, so führt das zur Abschaltung des Stromes in den betroffenen Spulen. Erreicht die Anordnung eine neue Schnittstelle so führt dies zur Aktivierung des Spulenstromes, was das Sekundärteil dann in die gewünschte Richtung treibt. Über den an die Spulenansteuerung 9 übertragenen Sollwert besteht zusätzlich die Möglichkeit der Beeinflussung der Fortbewegung, beispielsweise eine Geschwindigkeitszunahme oder Beschleunigung abhängig von einer Last oder der Vorgabe einer zentralen Steuervorrichtung.

20

In Figur 3 ist die Spulenansteuerung 9 in Form eines Prinzipschaltbildes gezeigt. Ein von der Sollwertschnittstelle 1 erhaltener Stromsollwert zur Ansteuerung der Spulen wird mit dem momentanen Strom-Ist-Wert 17 der Spulen verglichen. Dieser Ist-Wert wird über eine Messvorrichtung 23 direkt ermittelt. Das Ergebnis dieses Vergleichs wird einem Pulsweitenmodulator 15 zugeleitet, welcher über zwei als Halbbrücke 14 geschaltete IGBTs eine felderzeugende Spule ansteuert. Die Spulenansteuerung 9 besteht also in diesem Beispiel aus einem Vergleichs- 16, der PWM-Ansteuerung 15, aus der Halbbrücke 14 sowie einer Messvorrichtung 23. Weitere Bauteile können, abhängig von der jeweiligen Aufgabenstellung, zusätzlich erforderlich werden. Die Eingangssignale erhält die Spulenansteuerung 9 von der Sollwertschnittstelle 1 und von der Istwertrückführung 17. Das Ausgangssignal wird direkt zur Versorgung der felderzeugenden Spulen 10 verwendet. Als Versorgungsspannung der Vorrichtung dient hier eine bipolare Spannungsversorgung, gekennzeichnet durch die Leitungszuführungen 18 und 19. Die Messung des Stromistwertes erfolgt relativ zur Masse 20. Weitere Ausgestaltungsformen zur Ansteuerung der Spulen sind denkbar.

5 Die Figur 4 zeigt eine industrielle Maschine 30, speziell ein Automatisierungssystem zum Transport von Gütern 29 (Kartons, beliebige Materialien), mit einer als „Racetrack“ aufgebauten Strecke 21. Die Strecke 21 umfasst Kurvenmodule 31 und gerade Module 32, wobei Module jeweils am Übergang 33 aneinander stoßen. Die geraden und kurvenförmigen Streckenabschnitte 31/32 werden durch entsprechend
 10 aufgebaute Sekundärteile 8 des erfindungsgemäßen Linearmotors repräsentiert. Der Streckenabschnitt 22 wird nochmals deutlicher in Figur 2 gezeigt. Auf der Strecke 21 bewegen sich in diesem Beispiel sieben Sekundärteile 7. Ebenfalls dargestellt sind zwei Fließbänder 24a/b mit Transportrollen 25 und Antrieben 27 sowie ein Positionierstempel 28 und eine übergeordnete zentrale Steuerung 26 die über den
 15 Datenbus 35 mit den anzusteuern den Einheiten kommuniziert.

Die Anlage arbeitet wie folgt: Die zentrale Steuerung 26 regelt den gesamten Prozess der Anlage und gibt den Arbeitstakt für die Fließbänder 24a/b sowie die Sekundärteile vor. Der Arbeitstakt der Fließbänder 24a/b wird als unterschiedlich angenommen, d.h.
 20 Band 24a läuft mit anderer Geschwindigkeit als Band 24b. Die Aufgabe der erfindungsgemäßen Strecke 21 ist es, den Warentransport von Fließband a zu Fließband b so auszuführen, dass ein kontinuierlicher Ablauf gewährleistet ist, d.h. keine Totzeiten entstehen oder gar Kollisionen der Transportgüter 29. Das Fließband 24a liefert Güter 29 an, zum Beispiel Kartons, die über Transportrollen 25 aufgrund ihrer vorherigen
 25 Beschleunigung und Trägheit und ggf. eines leichten Gefälles auf ein von der zentralen Steuerung 26 entsprechend positioniertes Sekundärteil 7 befördert werden. Nachdem das Transportgut 29 auf dem Sekundärteil 7 platziert ist (was durch einen Sensor überprüft werden könnte), setzt sich dieses entsprechend der eingezeichneten Transportrichtung 34 in Bewegung und liefert das Paket zum zweiten Fließband 24b,
 30 welches Transportgüter 29 wieder abführt. Ein Positionierer 28 mit teleskopförmigem Stempel und/oder Kolben/Zylindereinheit schiebt hierzu das Transportgut 29 vom Sekundärteil 7 erneut über Transportrollen 25 auf das Fließband 24b. Die erfindungsgemäß aufgebaute Strecke 21 wird in diesem Beispiel zur Synchronisation zweier Fließbänder mit unterschiedlicher Transportgeschwindigkeit verwendet. Erst die
 35 erfindungsgemäße Lösung ermöglicht die für die Realisierung solch einer Synchronisation erforderlichen hohen Beschleunigungs- und Abbremsvorgänge.

5 Im vorherigen Beispiel wurde die Strecke 21 in horizontaler Ebene ausgebildet. Es ist aber auch möglich die Strecke in vertikaler Ebene für andere Anwendungszwecke aufzuspannen, z.B. um eine VFFS - Maschine (Vertical Form Fill and Seal) zu realisieren. Beliebige Kombinationen von zwei, drei oder mehr gleichförmigen, oder auch unterschiedlichen Streckenverläufen 29 sind denkbar. Auch eine schräge Montage
 10 ist möglich, um zum Beispiel Höhenunterschiede auszugleichen. Selbst ein Möbiusband, zum Transport und/oder gleichzeitigen Drehen von Transportgütern 29 um einen bestimmten Winkel wäre realisierbar. Alles in allem liefert das erfindungsgemäße Konzept die Basis für eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten in der Automatisierungs- und Verpackungsindustrie und zur Realisierung/Lösung vieler
 15 aus dem Stand der Technik bereits bekannten Systeme/Probleme. Weitere Beispiele: Verpacken von Kartons, Füllen von Behältern, Sortieren von Gegenständen, Falten von Kartons, u.v.m.

Figur 5 zeigt schematisch eine mögliche Realisierungsform der Lagerung des
 20 Sekundärteils 7 auf dem als Schiene ausgebildeten Primärteil 8 im Schnitt (Schnitt A-A, Figur 4). Man erkennt das Sekundärteil 7 und das Primärteil 8 sowie Laufrollen 37, Kugeln 36 hinter den Laufrollen und Führungsnuten längs der Schienen 8. In diese Nuten greifen die Laufrollen und Kugeln zur Führung des Sekundärteils 7 ein. Es könnte sich hier um eine aus dem Stand der Technik bekannte Kombination aus
 25 Laufrollen- und Kugelführung handeln, zum Beispiel aus dem Produktspektrum der Fa. Bosch Rexroth Linear Motion and Assembly Technologies. Durch beispielsweise eine Verjüngung der Breite b der Streckenabschnitte in Kurvenbereichen könnte man eine schnelle und gleichförmige Bewegung beim Übergang 33 (Fig. 4) von einem geraden auf einen kurvenförmigen Streckenabschnitt gewährleisten. Durch die Verjüngung
 30 verringert sich zwar die Steifigkeit und vergrößert sich das Spiel der Anordnung in diesen Bereichen geringfügig, dies ist jedoch in der Praxis vernachlässigbar, da sich die geforderte Präzision bei der Bewegung in der Regel auf die geradlinigen Streckenabschnitte beschränkt.

35 Auch eine reine Laufrollenführung wäre denkbar. Derartige Führungen sind insbesondere für die Handhabungs- und Automationstechnik entwickelt worden.

5 Kugelschienenführungen, die prinzipiell auch in Frage kämen, zeichnen sich in allen Genauigkeitsklassen durch hohe Tragfähigkeit und große Steifigkeit aus und sind geeignet für nahezu alle Aufgaben der präzisen Linearbewegung. Mit Rollenschienenführungen könnten selbst schwerste Lasten mit äußerst geringem Aufwand bewegt werden und das wegen der prinzipbedingten Steifigkeit mit einer
 10 Präzision, wie sie die Anwender von hochleistungsfähigen Werkzeugmaschinen und Robotern fordern. Die rollengelagerten Linearführungen sind in verschiedenen Genauigkeitsklassen verfügbar. Sie zeichnen sich aus durch hohe zulässige Geschwindigkeiten, eine kompakte Bauweise, sehr geringes Gewicht, einfache Montage und eine geringe Reibung. Auch der äußerst geräuscharme Lauf könnte ein Kriterium
 15 sein.

Mit einer Kombination aus Kugelrollen und einer Profilschiene zur Aufnahme von Kugelrollen auf der Ober- und Unterseite (z.B. von Bosch Rexroth Linear Motion and Assembly Technologies) könnten die Sekundärteile 7 leicht bewegt und über die
 20 Primärteile 8 gelenkt werden. Die Sekundärteile 7 müssten dann mit Kalotten zur Aufnahme der Kugeln ausgestattet sein. Kugelrollen haben sich als Bausteine in Fördersystemen und Zuführungen an Bearbeitungsmaschinen und Verpackungseinrichtungen bestens bewährt. Für erhöhte Anforderungen an die Bewegungspräzision könnte mit Zusatzschienen gearbeitet werden.

25 Selbstverständlich sind weitere aus der Lineartechnologie bekannte Methoden zum Aufbau der Streckenabschnitte denkbar. Der Fachmann sei hier auf die zweifelsohne vielfältig vorhandenen und einschlägigen Schriften verwiesen. Die Lösungen müssen allerdings auf ihre Tauglichkeit bezüglich der anwendungsspezifischen Anforderungen
 30 überprüft werden. Im gezeigten Beispiel wären diese Anforderungen durch Beschleunigungen bis 15 g, Geschwindigkeiten bis 5 m/s und Positioniergenauigkeiten von wenigen Mikrometern recht hoch. Als Materialien eignen sich Metalle wie zum Beispiel Stahl oder Aluminium, Kunststoffe wären ggf. auch denkbar.

Bezugszeichenliste

10	1	Sollwertschnittstelle
	2	Luftspalt mit Wanderfeld
	3	Energieschnittstelle
	4	Geberschnittstelle
	5	Steuerschnittstelle
15	6	Signalverarbeitungsvorrichtung
	7	Sekundärteil
	8	Primärteil
	9	Spulenansteuerung
	10	Felderzeugende Spulen
20	11	Energiequelle
	12	Bewegungszustands-Geber
	13	Steueranschluss
	14	Halbbrücke
	15	PWM-Ansteuerung
25	16	Vergleicher
	17	Istwerterzeugung
	18	Versorgungsspannung mit Polarität a
	19	Versorgungsspannung mit Polarität b
	20	Masse
30	21	Strecke
	22	Streckenabschnitt
	23	Messvorrichtung
	24	Fließband
	24a	Zufuhr
35	24b	Abfuhr
	25	Transportrollen

5	26	Zentralsteuerung
	27	Antrieb
	28	Positionierer
	29	Transportgut
	30	Industrielle Maschine
10	31	Kurvenmodul
	32	Gerades Modul
	33	Übergang
	34	Transportrichtung
	35	Datenbus
15	36	Kugel
	37	Laufrolle

Zusammenfassung

10 Linearmotor mit Fortbewegungsregelung

15 Linearmotor und dessen Fortbewegungs- bzw. Bewegungsregelung, insbesondere für modulare Transporteinrichtungen mit geraden und kurvenförmigen Streckenabschnitten, die einen Streckenverlauf bilden. Es ist Aufgabe der Erfindung, einen Linearmotor der eingangs genannten Art so zu konzipieren, dass er bei geringem apparativen und softwaremäßigen Aufwand eine weitgehende Modularität bzw. Flexibilität, insbesondere hinsichtlich unterschiedlicher Anwendungen oder Maschinenkonfigurationen gewährleistet, speziell bei Verwendung einer Vielzahl von Sekundärteilen. Dies wird dadurch erreicht, dass das Sekundärteil (7) wenigstens einen
20 Permanentmagnet und eine Signalverarbeitungsvorrichtung (6) mit Fortbewegungs- bzw. Bewegungsregler aufweist, welche zumindest einen bezüglich der Spulenansteuerung (9) relevanten Sollwert erzeugt, wobei der Sollwert über eine Sollwertschnittstelle (1) vom Sekundärteil einer bezüglich des Primärteiles (8) ortsfesten Spulenansteuerung (9) als für die Kommutierung verwendete Größe
25 zugeführt ist und Mittel zur steifen Lagerung des Sekundärteiles vorgesehen sind, die das Sekundärteil entlang der vorbestimmten Wegstecke führen.

(Fig. 1)

5

Patentansprüche

- 10 1. Linearmotor und dessen Fortbewegungs- bzw. Bewegungsregelung, insbesondere für modulare Transporteinrichtungen mit geraden und kurvenförmigen Streckenabschnitten, die einen Streckenverlauf bilden, mit wenigstens einem über eine Energie- und Informationsübertragungsschnittstelle (3,4,5) versorgten Sekundärteil (7), das Teile der Ansteuerung enthält, und wenigstens einem Primärteil (8) mit entlang einer
- 15 vorbestimmten Wegstrecke aneinandergereihten, felderzeugenden Spulen (10) in konzentrierter oder überlappender Wicklung, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sekundärteil (7) wenigstens einen Permanentmagnet und eine Signalverarbeitungsvorrichtung (6) mit Fortbewegungs- bzw. Bewegungsregler aufweist, welche zumindest einen bezüglich der Spulenansteuerung (9) relevanten
- 20 Sollwert erzeugt, wobei der Sollwert über eine Sollwertschnittstelle (1) vom Sekundärteil einer bezüglich des Primärteiles (8) ortsfesten Spulenansteuerung (9) als für die Kommutierung verwendete Größe zugeführt ist und Mittel zur steifen Lagerung des Sekundärteiles vorgesehen sind, die das Sekundärteil entlang der vorbestimmten Wegstrecke führen.

25

2. Linearmotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sekundärteil (7) Bewegungszustands-Informationen, vorzugsweise entsprechend der Geschwindigkeit und/oder Beschleunigung und/oder der relativen bzw. absoluten Position und/oder der Schubkraft, über wenigstens eine Geberschnittstelle (4) von einem im Bereich des
- 30 Primärteils (8) angebrachten Bewegungszustands-Geber (12) erhält.

- 5 3. Linearmotor nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sekundärteil (7) Bewegungssollwerte, vorzugsweise entsprechend der Geschwindigkeit und/oder Beschleunigung und/oder der relativen bzw. absoluten Position und/oder der Schubkraft, über wenigstens eine im Bereich des Primärteils (8) angebrachte Steuerschnittstelle (5) von wenigstens einer Steuervorrichtung erhält.
- 10 4. Linearmotor nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eine Steuervorrichtung dezentral organisiert ist und Steuermodule aufweist, die im Bereich der Primärteile angeordnet sind.
- 15 5. Linearmotor nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuervorrichtung spezifische Merkmale wenigstens eines Sekundärteiles (7), vorzugsweise Identifizierungsmerkmale, für dessen Ansteuerung verwaltet und über eine Steuerschnittstelle (5) sendet und empfängt.
- 20 6. Linearmotor nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Signalverarbeitungsvorrichtung (6) des Sekundärteiles (7) spezifische Merkmale des Sekundärteiles (7), vorzugsweise Identifizierungsmerkmale, für dessen Ansteuerung verwaltet und über eine Steuerschnittstelle (5) sendet und empfängt.
- 25 7. Linearmotor nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein Identifizierungsmerkmal eine unikale Adresse ist, die wenigstens ein Sekundärteil (7) adressiert.
- 30 8. Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuerschnittstelle (5) bzw. die Geberschnittstelle (4) bzw. die Sollwertschnittstelle (1) berührungslos ausgeführt ist.

- 5 9. Linearmotor nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eine der Schnittstellen (1,4,5) als Infrarotsschnittstelle ausgebildet ist und wahlweise die Sensorik durch eine lichtdurchlässige Abdichtung vom Umfeld fluidundurchlässig abgeschirmt ist.
- 10 10. Linearmotor nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eine Schnittstelle (1,4,5) als induktive Schnittstelle ausgebildet ist.
- 15 11. Linearmotor nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eine Schnittstelle (1,4,5) als Funkschnittstelle ausgebildet ist.
- 20 12. Linearmotor nach einem der Ansprüche 2 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens zwei Schnittstellen, vorzugsweise die Steuerschnittstelle (5) und/oder die Geberschnittstelle (4) und/oder die Sollwertschnittstelle (1), zu wenigstens einer einheitlichen Schnittstelle zusammengefasst sind.
- 25 13. Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der von der Signalverarbeitungsvorrichtung erzeugte Sollwert einer einzigen Sollwertkategorie angehört.
- 30 14. Linearmotor nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der von der Signalverarbeitungsvorrichtung erzeugte Sollwert ein Lagesollwert oder ein Geschwindigkeitssollwert oder ein Beschleunigungssollwert (Stromsollwert) oder ein Spannungssollwert ist.
- 35 15. Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der von der Signalverarbeitungsvorrichtung erzeugte Sollwert eine Kombination aus der in Anspruch 14 genannten Sollwertkategorien ist.

5 16. Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Energieversorgung (3) der Signalverarbeitungsvorrichtung (6) des Sekundärteiles (7) durch eine einzige Energiequellenart gewährleistet ist.

10 17. Linearmotor nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Energieversorgung (3) der Signalverarbeitungsvorrichtung (6) des Sekundärteiles (7) eine am Sekundärteil angebrachte Energiequelle, vorzugsweise ein aufladbarer Akkumulator bzw. eine nicht aufladbare Batterie bzw. eine Solarzellenanordnung, ist.

15 18. Linearmotor nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Energieversorgung (3) der Signalverarbeitungsvorrichtung (6) des Sekundärteiles (7) eine induktive Energieschnittstelle (3) ist, vorzugsweise eine Induktionsspule, die elektrische Energie über wenigstens eine bezüglich des Primärteiles ortsfeste Spule berührungslos aufnimmt.

20 19. Linearmotor nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein am Sekundärteil (7) befestigter und mit dem Primärteil (8) in Kontakt stehender Aufnehmer die Energie der Signalverarbeitungsvorrichtung (6) des Sekundärteiles (7) zuleitet, vorzugsweise über einen Schleifkontakt oder Rollenkontakt.

25 20. Linearmotor nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass Energie für die Signalverarbeitungsvorrichtung (6) des Sekundärteiles (7) durch eine Kabelverbindung zugeleitet ist.

30 21. Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Energieversorgung der Signalverarbeitungsvorrichtung (6) des Sekundärteiles (7) durch eine Kombination verschiedener Energiequellenarten gewährleistet ist, insbesondere nach einem der Ansprüche 16 bis 20.

- 5 22. Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die miteinander kommunizierenden Mittel des Sekundär- bzw. Primärteiles sich zur berührungslosen Energieübertragung (3) und/oder berührungslosen Informationsübertragung (1,4,5) im Betrieb an den einander zugewandten Seiten des Sekundärteiles (7) und Primärteiles (8) gegenüber liegen.
- 10 23. Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass Einzelspulen (10) am Primärteil (8) entlang der Bewegungsbahn des Sekundärteiles (7) nebeneinander angeordnet sind und die Spulenansteuerung (9) wenigstens eine Einzelspule mit Strom versorgt.
- 15 24. Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sekundärteil (7) mittels einer Schiene mit wenigstens zwei Spuren am Primärteil beweglich gelagert ist.
- 20 25. Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sekundärteil (7) wenigstens drei Rollen aufweist wobei zwei Rollen einer gemeinsamen Spur zugeordnet sind und eine dritte Rolle einer weiteren Spur zugeordnet ist.
- 25 26. Linearmotor nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dritte Rolle federnd am Sekundärteil gelagert ist.
- 30 27. Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 26, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeweils ein als Halbbrücke ausgebildetes Steuerelement an jeweils eine am Primärteil (8) angebrachte Einzelspule (9) angeschlossen ist und einen Spulenstrom einspeist, dessen Orientierung und Intensität durch ein Ansteuersignal nach Maßgabe des Sollwertes bestimmt ist.

- 5 28. Linearmotor nach Anspruch 27, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Anzahl n als Halbbrücke ausgebildetes Steuerelement an jeweils eine aus n am Primärteil (8) angebrachten Einzelspulen (9) angeschlossen und zur Erhöhung der Funktionssicherheit ggf. redundant ausgeführt ist.
- 10 29. Industrielle Maschine (30), insbesondere für Automatisierungsstraßen, die einen industriellen Prozess umfasst, insbesondere für Flachmaterialien, Verpackungen und Werkzeuge, wobei der Prozess eine Linearbewegung beinhaltet, die ein Linearmotor inklusive Bewegungsregelung mit wenigstens einem Sekundärteil (7) und wenigstens einem Primärteil (8) mit felderzeugenden Spulen (10) in konzentrierter oder
15 überlappender Wicklung entlang einer vorbestimmten Wegstrecke ausführt, **dadurch gekennzeichnet**, dass,
das Sekundärteil (7) eine über eine Energieversorgung (3) des Sekundärteils gespeiste Signalverarbeitungsvorrichtung (6) mit Bewegungsregler umfasst, welcher einen bezüglich der Spulenansteuerung (9) relevanten Sollwert erzeugt, wobei der Sollwert
20 über eine Sollwertschnittstelle (1) einer bezüglich des Primärteiles (8) ortsfesten Spulenansteuerung (9) als für die Kommutierung verwendeter Größe zugeführt ist.
- 25 30. Maschine nach Anspruch 29, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Maschine mehrere Sekundärteile umfasst, die eine prozesssynchrone Bewegung nach vorbestimmten Prozessvorschriften ausführen.
31. Maschine nach Anspruch 30, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Maschine mindestens 5 Sekundärteile umfasst.
- 30 32. Maschine nach einem der Ansprüche 29 bis 31, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Linearbewegung durch eine Bewegungsbahn vorbestimmt ist, die von mehreren Primärteilen jeweils vorbestimmter Länge nach Art eines Bausatzes gebildet ist.
33. Maschine nach Anspruch 32, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bewegungsbahn
35 gerade und/oder kurvenförmig ausgebildete Primärteile umfasst.

- 5 34. Maschine nach einem der Ansprüche 30 bis 33, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine übergeordnete Prozesssteuerung Bewegungsabläufe überwacht und steuert.
35. Maschine nach Anspruch 34, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Prozesssteuerung einer Kollision von Sekundärteilen vorbeugt.
- 10 36. Maschine nach Anspruch 34 oder 35, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Prozesssteuerung eine Initialisierung aller Sekundärteile bei der Inbetriebnahme vornimmt.
- 15 37. Maschine nach einem der Ansprüche 29 bis 36, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Prozesssteuerung den Übergang der Sekundärteile zwischen zwei Primärteilen überwacht und steuert, um Übergangsstörungen zu vermeiden und eine Kontinuität in der Positionserfassung zu gewährleisten.
- 20 38. Maschine nach einem der Ansprüche 29 bis 37, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich um eine Maschine zur Verpackung von Waren, insbesondere von Lebensmitteln bzw. Genussmitteln, handelt.
- 25 39. Maschine nach Anspruch 38, **dadurch gekennzeichnet**, dass deren Komponenten wasserdicht oder spritzwassergeschützt ausgeführt sind.
- 30 40. Maschine nach einem der Ansprüche 29 bis 39, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich um die Teilfunktionalität einer Werkzeugmaschine oder um den Teil einer Automatisierungs- bzw. Transportstraße handelt.
41. Maschine nach einem der Ansprüche 29 bis 39, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich um eine Druckmaschine handelt.
- 35 42. Maschine nach einem der Ansprüche 29 bis 39, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich um eine blechverarbeitende Maschine handelt.

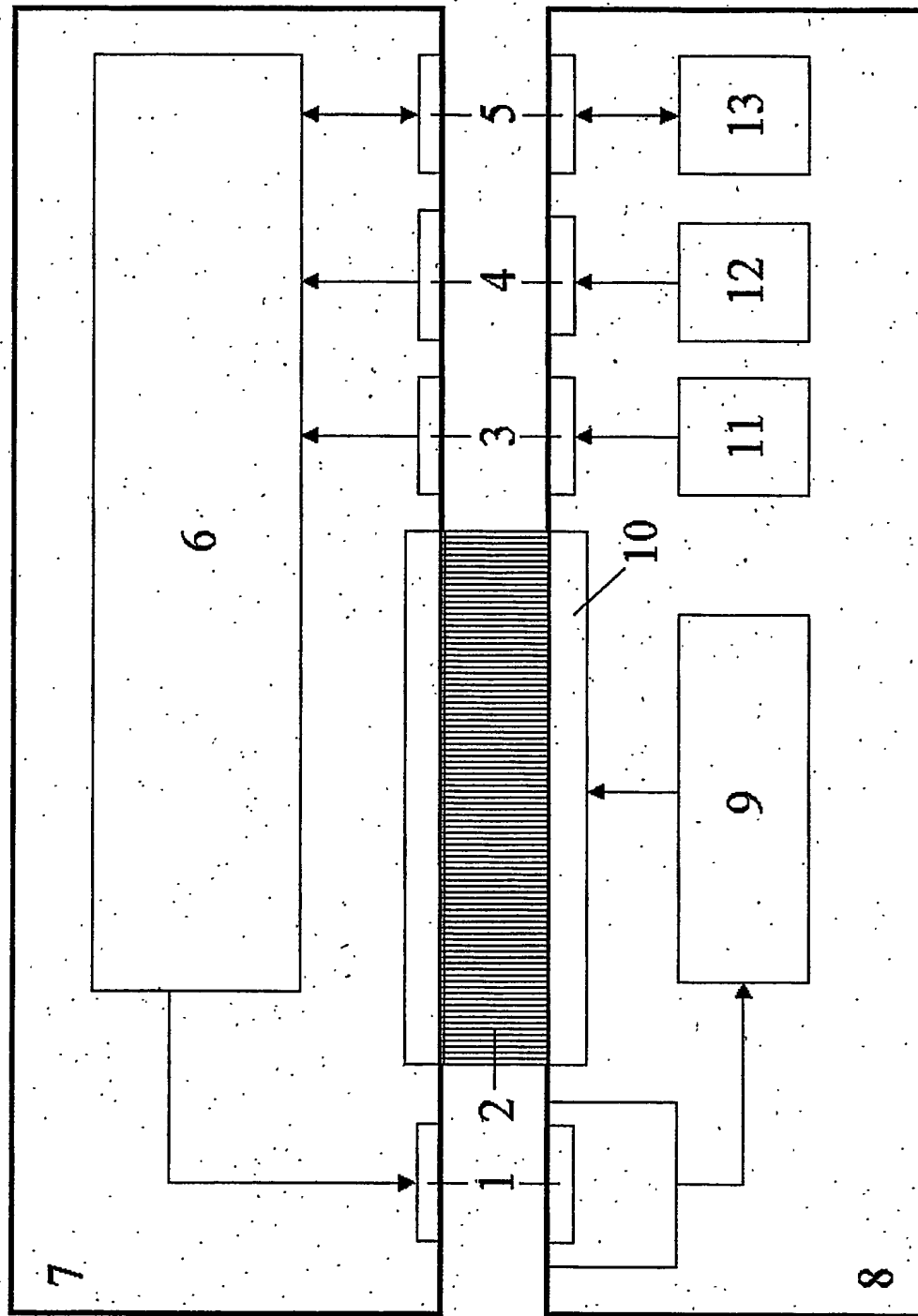
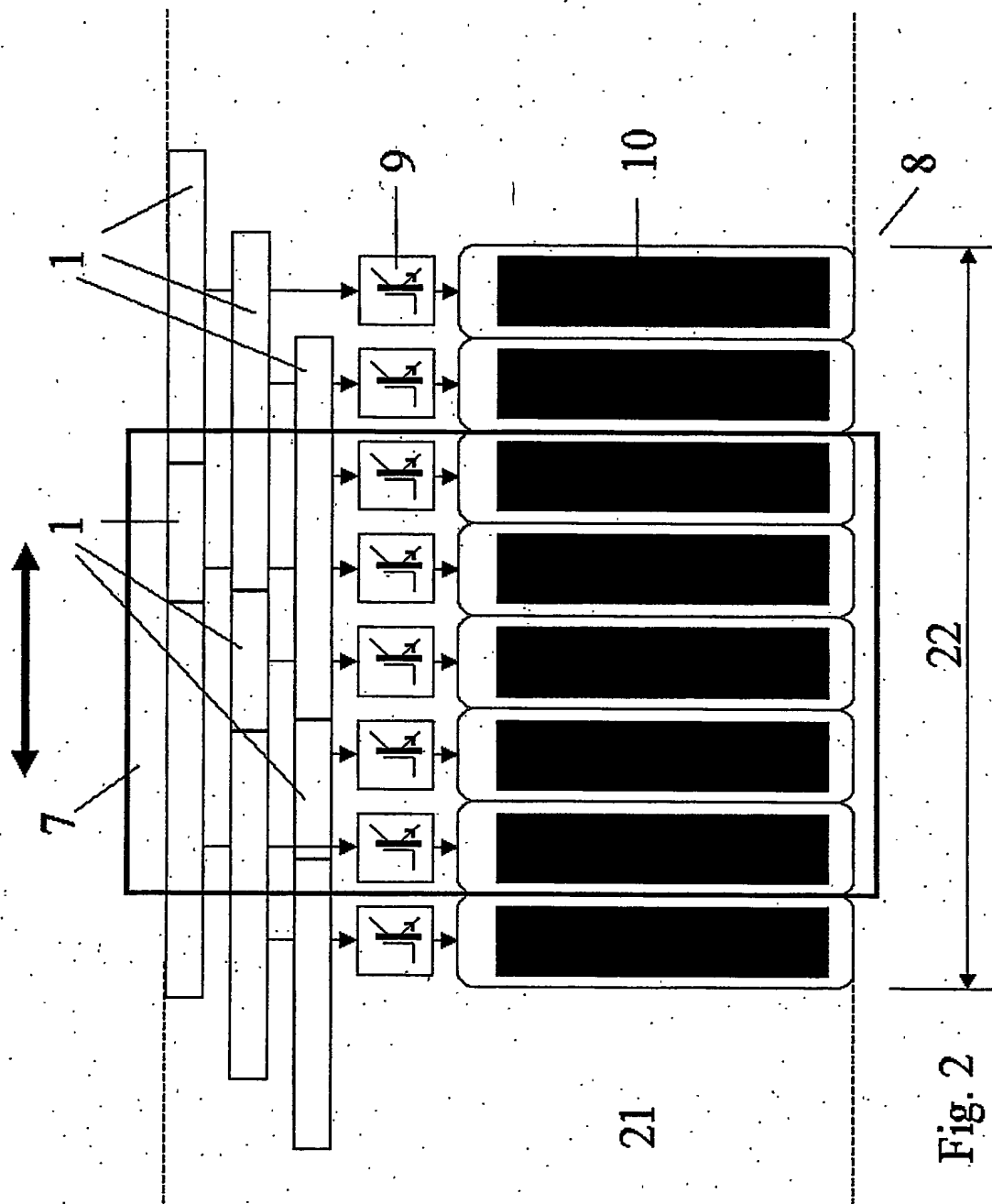


Fig. 1



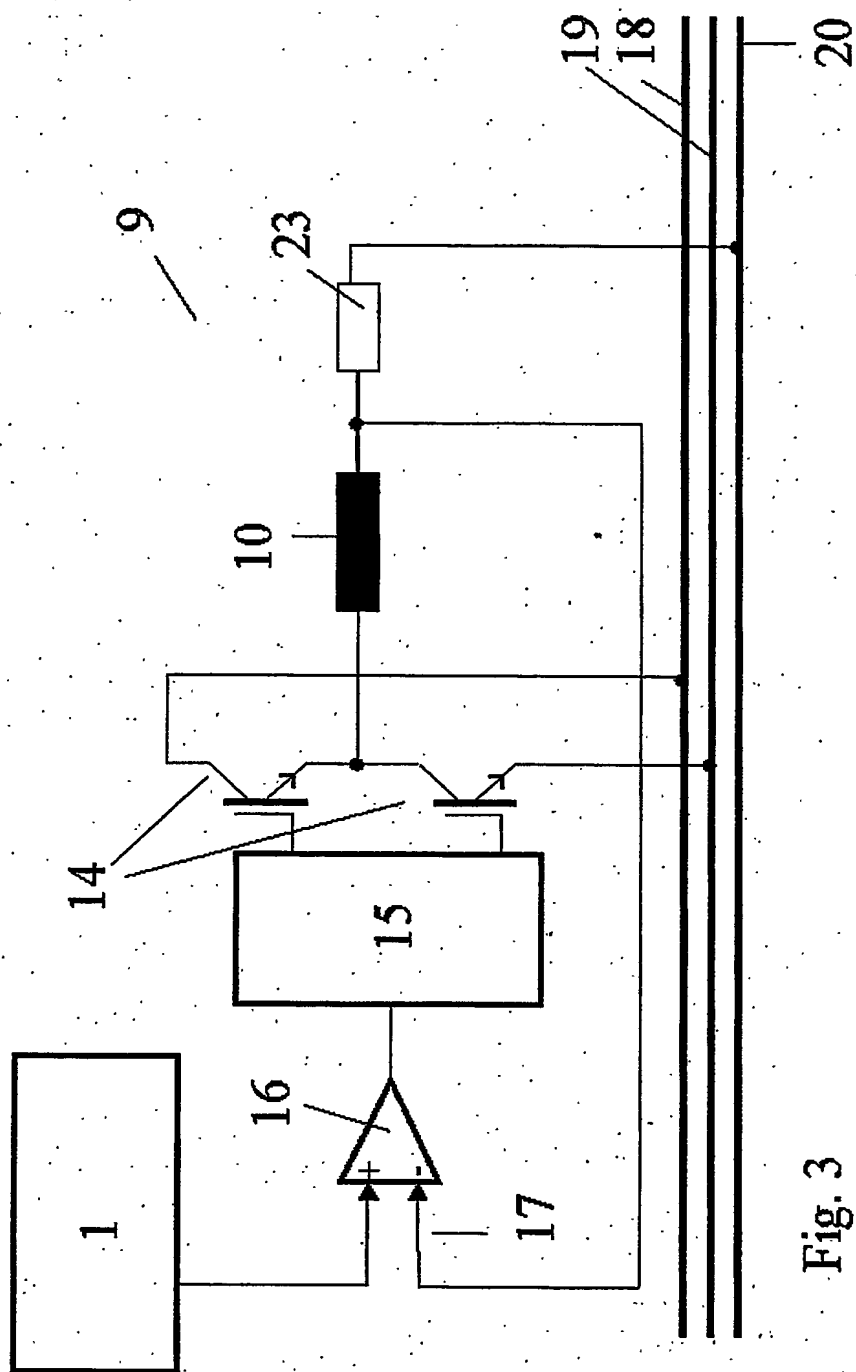


Fig. 3

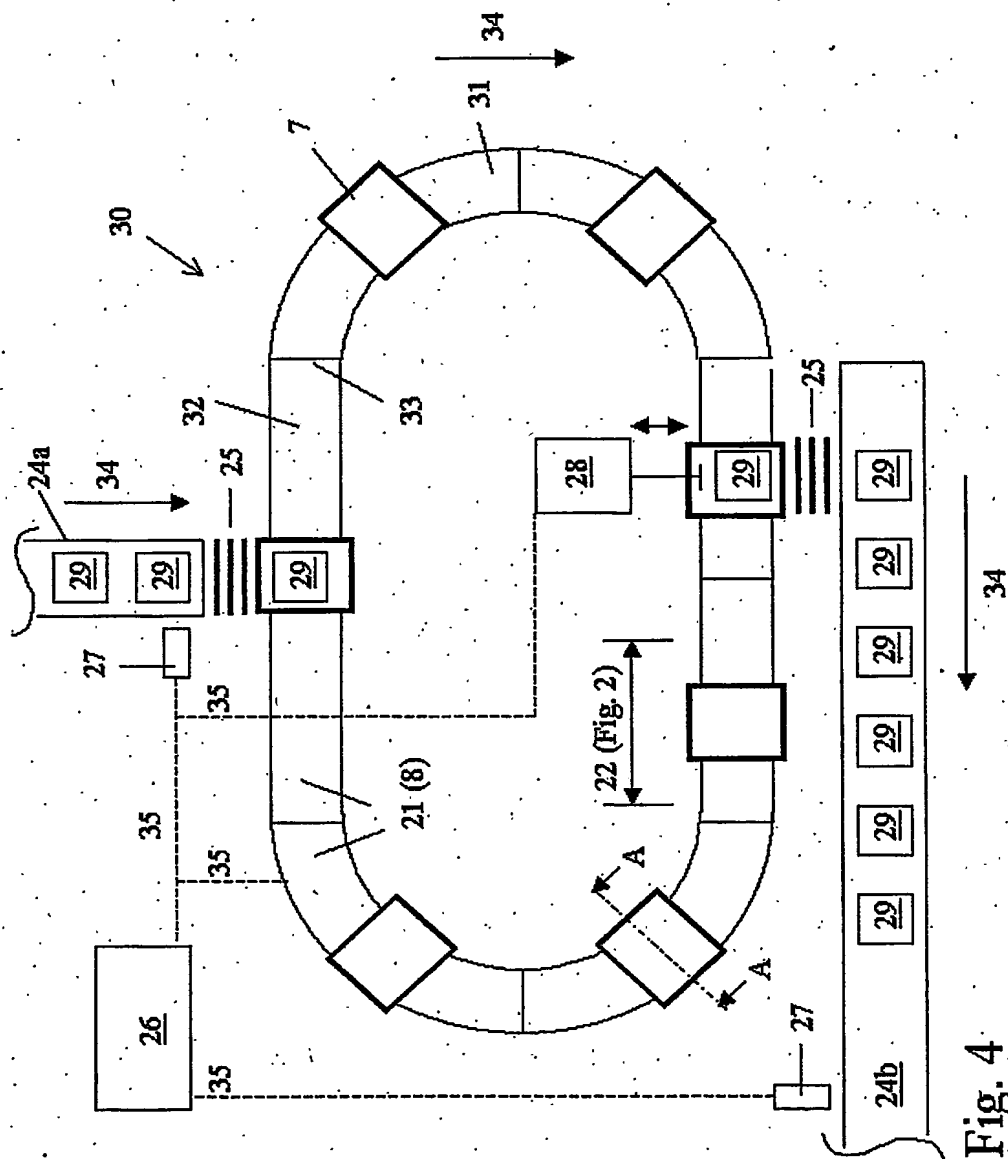


Fig. 4

Schnitt A-A (Fig. 4)

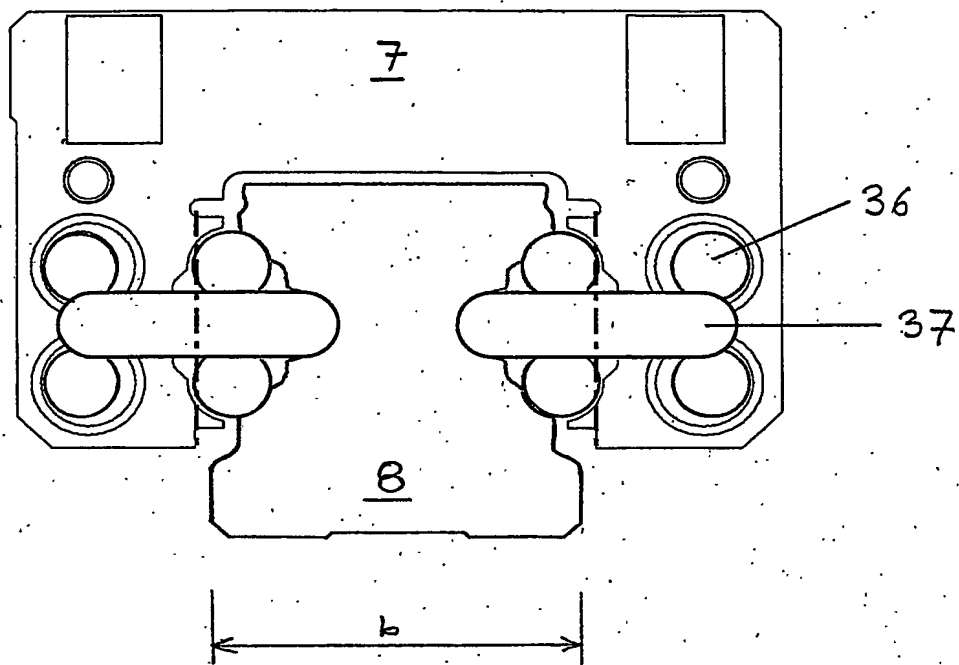


Fig. 5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.